

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

09/880,733

13/primary
paper
P. Waller
5-13-08

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2000年 6月12日

出願番号

Application Number:

特願2000-180719

出願人

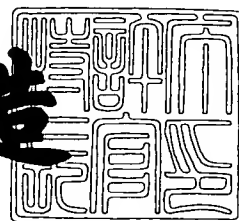
Applicant(s):

株式会社日立製作所

2001年 7月27日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3065324

【書類名】 特許願

【整理番号】 D00004801A

【提出日】 平成12年 6月12日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 B23K 35/26

【発明の名称】 電子機器

【請求項の数】 12

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社日立
製作所生産技術研究所内

 【氏名】 曾我 太佐男

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社日立
製作所生産技術研究所内

 【氏名】 下川 英恵

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社日立
製作所生産技術研究所内

 【氏名】 中塚 哲也

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社日立
製作所生産技術研究所内

 【氏名】 三浦 一真

【特許出願人】

 【識別番号】 000005108

 【氏名又は名称】 株式会社 日立製作所

【代理人】

 【識別番号】 100075096

 【弁理士】

【氏名又は名称】 作田 康夫

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013088

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電子機器

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電子機器の有する接続構造が、単体金属、合金、化合物もしくはこれらの混合物を含む金属ボールと、Snを成分として含むはんだボールとを混合してなるペーストを用いて接続され、該金属ボールの成分と該はんだボールの成分とで構成された化合物を有することを特徴とする電子機器。

【請求項 2】

前記はんだボールが、Sn-Cu共晶系はんだボール、Sn-Ag共晶系はんだボール、Sn-Ag-Cu共晶系はんだボール、これらにIn,Zn,Biのいずれか一つ以上を添加したはんだボールのうちの少なくとも1つを含むことを特徴とする請求項 1 記載の電子機器。

【請求項 3】

前記金属ボールにAuめっき、もしくはNi-Auめっき、もしくはSnの単体金属めっき、もしくはSnを含む合金めっきを施したことを特徴とする請求項 1 記載の電子機器。

【請求項 4】

前記金属ボールがCu、Cu合金、Cu₆Sn₅化合物もしくはこれらの混合物を含むボールであることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載の電子機器。

【請求項 5】

電子機器の有する接続構造が、単体金属、合金、化合物もしくはこれらの混合物を含む金属ボールにSn、Sn合金めっき等を施したいずれか1つ以上を含むボールからなるペーストを用いて接続されたことを特徴とする電子機器。

【請求項 6】

前記金属ボールにSnの単体金属めっき、Snを含む合金めっき、もしくは下地にNi、Ni-Auめっき等を施したいずれか1つ以上を含むボールであることを特徴とする請求項 5 記載の電子機器。

【請求項 7】

前記金属ボールがCu、Cu合金、Cu₆Sn₅化合物、Au-Sn化合物もしくはこれらの混合物を含むボールであることを特徴とする請求項 5 または 6 記載の電子機器。

【請求項 8】

Cu、Ag、Au、Al、Ni、Cu-Sn合金のいずれかの金属ボールと、Snを成分として含むはんだボールとを混合したペーストを用いてCu-Snの合金層を形成して接続した電子部品と、

該電子部品の電極とSn-Ag系はんだ、Sn-Ag-Cu系はんだ、Sn-Cu系はんだ、もしくはこれらにBi、In等を添加したはんだを用いて半田接続する回路基板とを有することを特徴とする電子機器。

【請求項 9】

前記金属ボールにAuめっきもしくはNi/AuめっきもしくはSnめっきを施すことを特徴とする請求項 8 記載の電子機器。

【請求項 1 0】

前記金属ボールが、樹脂ボールの表面をNi/Au、Ni/Sn、Ni/Cu/Sn、Cu/Ni、Cu/Ni/Au、Cu/Ni/Snのいずれかのめっきを施したものであることを特徴とする請求項 1 ～ 9 のいずれかに記載の電子機器。

【請求項 1 1】

第一の部材の接続面メタライズの最表面をCu、Ni、Ni/Auのいずれかにし、該第一の部材と接続する第二の部材の接続面メタライズの最表面をCu/Sn、Ni/Snのいずれかにし、該第一の部材と該第二の部材とをSnを介して接続することでCu-Sn合金、Ni-Sn合金を一部に形成させた電子部品を、Sn-Ag系はんだ、Sn-Ag-Cu系はんだ、Sn-Cu系はんだ、もしくはこれらにBi、In等を添加したはんだを用いて回路基板と接続させたことを特徴とする電子機器。

【請求項 1 2】

前記第一、第二の部材の接続面メタライズの最表面をエッチングで荒らし、前記第一、第二の部材のいずれか一方にSn系はんだペーストを塗布して前記第一の部材と第二の部材とを接続したことを特徴とする請求項 1 0 または 1 1 記載の電子機器。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

温度階層を用いて半田接続する技術に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

Sn-Pb系はんだにおいては、高温系はんだとしてPbリッチのPb-5Sn(融点：314～310℃)、Pb-10Sn(融点：302～275℃)等を330℃近傍の温度ではんだ付けし、その後、このはんだ付け部を溶かさないうで、低温系はんだのSn-37Pb共晶(183℃)で接続する温度階層接続が可能であった。このような温度階層接続は、チップをダイボンドするタイプの半導体装置や、チップをフリップチップ接続するBGA、CSPなどの半導体装置などで適用されている。すなわち、半導体装置内部で使用するはんだと、半導体装置自身を基板に接続するはんだとの温度階層接続ということになる。

【0 0 0 3】

【発明が解決しようとする課題】

現在、あらゆるはんだ接続部分において鉛フリー化が進んでいる。

【0 0 0 4】

Pbフリーはんだの主流はSn-Ag共晶系、Sn-Ag-Cu共晶系、Sn-Cu共晶系になるが、表面実装におけるはんだ付け温度は最大235～250℃である。これらのはんだと組み合わせて使用できる高温側の温度階層用はんだはない。最も可能性のある組成として、Sn-5Sb(240～232℃)はあるが、リフロー炉内の基板上の温度ばらつき等を考慮すると、これを溶かさないうで高信頼性を確保できるはんだはない。また、高温系のはんだとしてAu-20Sn(融点：280℃)は知られているが、硬く、コスト高のために使用が限定される。特に、熱膨張係数の異なる材料へのSiチップの接続、大型チップの接続では、はんだが硬いため、Siチップを破壊させる恐れがあるため使用されていない。

【0 0 0 5】

本発明の目的は、全く新規な半田接続による電子機器を提供することにある。

特に温度階層接続における高温側の半田接続を実現することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】

本発明は、上記目的を達成するために、特許請求の範囲の通りに構成したものである。

【0007】

ところで、温度階層接続を考えると、既に接続した高温側のはんだは、一部が溶融しても、他の部分が溶融しなければ、後付けのはんだ接続時のプロセスに耐えられる強度を十分に確保できる。そこで、我々は、Cu(もしくはAg, Au, 表面処理したAl, 樹脂)ボールもしくはこれらのボール表面にSn等のめっきを施したものと、Sn系はんだボールを少量混入したペーストを用いて接続することとした。これによってCuボール同士が接するもしくは近接している個所はその周りに溶融したSnと反応してCu-Sn間の拡散接合によりCu₆Sn₅が形成され、これによってCuボール間の接続を確保することができる。この拡散接合部は250℃程度のはんだ付け温度では溶融しないので、その部分で接合が少なくとも保たれ、後の回路基板への実装時において剥がれたりすることはない。

【0008】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について説明する。

【0009】

(実施例1)

図1は、本発明における接続構造の概念について示したものである。また、はんだ付け前の状態と、はんだ付け後の状態とを示している。

【0010】

図1の上段は、粒径約30 μ mのCuボール1(もしくはAg、Au、Al、Ni、Cu-Sn合金等、もしくはこれらにAuめっき、Ni/Auめっき等を施したもの、もしくはこれらにSnめっき等を施したもので可能)、及び粒径約30 μ mのSnはんだボール2(融点: 232℃)をフラックス4を介して適度に少量分散させたペーストを用いた例である。このペーストを250℃でリフローするとSnはんだボール2は溶融し、

溶融 Sn 3 が Cu ボール 1 を濡れるように拡がり、Cu ボール 1 間に比較的均一に存在することとなる。

【 0 0 1 1 】

次に、200℃前後での短時間のエージングを行い、Cu と Sn との化合物 (Cu₆Sn₅) を形成し、Cu ボール 1 間をこの化合物を介して接合する。この化合物の融点は約 630℃ と高く、機械的特性は悪くないので、強度上の問題はない。但し、高温で長時間エージングしすぎると Cu₃Sn 化合物が Cu 側に成長される。Cu₃Sn の機械的性質は硬く、脆いので、これを成長させないように制御する必要がある。

【 0 0 1 2 】

以上のように Cu ボール 1 間を化合物 (Cu₆Sn₅) を介して接合させるので、その後 240° 前後のリフロー炉を通るとしても、その接合部分 (Cu₆Sn₅)、Cu ボール 1 とともに溶融せずに接続信頼性を確保することができる。なお、Cu ボール 1 間の接続信頼性からして、化合物 (Cu₆Sn₅) は 1 ～ 2 μm 程度生成されることが好ましい。また、溶融させる Sn 量を調整することで Cu ボール間を接触に近い状態にすることが Cu ボール 1 間を化合物により接合させる上で好ましい。また、不要となったフラックス 4 は洗浄する。

【 0 0 1 3 】

図 1 の下段は、前述の Cu ボール 1 に 10 ～ 20 μm の Sn めっき等を施した例である。この場合であっても前述の例と同様な結果を得ることができる。めっき処理をすることで溶融 Sn 3 がボールに沿って濡れ拡がりやすくなり、より Cu ボール 1 間を均等の間隔にしやすくなる。なお、めっきはリフロー時に被膜が破れるように Cu ボール表面を露出させるので、前述と同様の化合物 (Cu₆Sn₅) は生成される。

【 0 0 1 4 】

次にこの接続構造を有するパッケージ、部品等の電子部品をプリント基板に実装する。この際、温度階層接続が必要となる。例えば、プリント基板の接続端子部に Sn-3Ag-0.5Cu (融点：221 ～ 217℃) はんだペーストを印刷し、パッケージ、部品等の電子部品を搭載後、240℃ で大気中 (窒素中でも可能) でリフローすることで接続する。この Sn-(2.5 ～ 3.5)mass%Ag-(0.5 ～ 1.0)mass%Cu は、従来の Sn-P

b 共晶半田に置き換わる標準的なはんだとして取り扱われているが、Sn-Pb 共晶はんだよりも融点が高いことからさらに高温の融点を有する高信頼なPbフリーはんだを開発することが一つの課題となっていた。しかしながら、前述の如く、既に接合されている高温側はCu-Cu6Sn5間で強度を確保するとともに、その化合物の融点は630° と高いことから、リフロー時に部品自体には大きな力が作用せず、剥がれることはない。従って、回路基板との接続にSn-(2.5~3.5)mass% Ag-(0.5~1.0)mass%Cuを用いたとしてもそれよりも高温側での温度階層接続を実現することができる。なお、この場合のフラックスは洗浄レス用としてRMA (Rosin Mild Activated) タイプもしくは洗浄用としてRA(Rosin Activated)タイプがあり、洗浄、無洗浄共に可能である。

【0015】

(実施例2)

図2は素子13を基板6にAu-20Snはんだ7等で接合し、ワイヤボンダ8後、洗浄レスタイプの上記ペーストを用い、Fe-Ni等にNi-Auめっきを施したキャップ9周囲を基板にリフローで接合10する。このとき、フラックスは塩素の含まない系で窒素雰囲気での接続が望ましいが、ぬれ性を確保できない場合、RMAタイプの弱活性ロジンで封止しても悪影響を及ぼすものではない。この素子は完全な封止性を要求するものではなく、長時間保持した状態でもフラックスが十分な絶縁特性を確保していれば、フラックスが存在する状態でも素子への影響はない。キャップ封止の目的は主に機械的保護である。封止の方法としては封止部を抵抗加熱体15等で加圧接合することも可能である。この場合、封止部に沿ってデイスパンスーで塗布し、細い連続したパターン12を形成する(図2(b))。

【0016】

パターンの断面A-A' を拡大したモデルを右側に示す。Cuボール1とSnボール2はフラックス4で保持されている。この上から抵抗加熱体15で加圧接合されると、ペーストは図2(c)のように平坦化される。平坦化された断面B-B' を右側に拡大した。基板6とキャップ9のはんだの接続部2' はCuボール1一個分(約30 μ m)の間隙になる。加圧接合により加圧部の温度は最大300℃近くに達するので、Cuボール1と基板6、Cuボール1とキャップ9との接触部はキャップ表面にCu系のめっ

きが厚く形成されている限り、容易にCu₆Sn₅の化合物を短時間に形成することが可能であり、Sn量と加熱条件しだいでは、接続時にCuボール1と基板6、及びCuボール1とキャップ部9で化合物を形成させることも可能である。ペースト塗布幅は狭くとってあるので、加圧により、例えば、幅250 μm ×高さ120 μm の断面に塗布されると、加圧後、粒子一個分の厚さになるので約1mm幅に広がることになる。

【0017】

この封止したパッケージには外部接続用端子11として、予めSn-0.75Cu共晶はんだボールを供給しておき、プリント基板には、はんだペーストが印刷された状態で、他の部品と同様に位置決めされ、搭載され、リフローで表面実装される。リフロー用はんだにはSn-3Ag(融点: 221℃、リフロー温度: 250℃)、Sn-0.75Cu(融点: 228℃、リフロー温度: 250℃)、Sn-3Ag-0.5Cu(融点: 221~217℃、リフロー温度: 240℃)等が使用される。これまでのSn-Pb共晶はんだの実績から、Cu-Cu₆Sn₅間には十分な強度が確保されているため、リフロー時に封止部等が剥がれることはない。

【0018】

キャップ部がNi-AuめっきされたFe-Ni系の場合、Ni膜厚が5 μm 形成していれば、Ni-Snの合金層成長速度は175℃以上ではCu-Snの合金層成長速度より早いので(例えばD.Olsen他; Reliability Physics, 13th Annual Proc., pp80-86, 1975)、高温エージングによりNi₃Sn₄の合金層も十分形成される。但し、合金層の性質としてはCu₆Sn₅が優れるので、Niに対しては厚く成長させることは望ましくないが、高温エージング時間は長くできないので、成長しすぎて脆化することを恐れる心配はない。Snよりも合金層成長速度が遅く、かつ実績のあるSn-40PbはんだのデータからSnの成長速度の概略を予測することができる。Sn-40PbはんだのNiに対する成長速度は、短時間であれば280℃でも10時間で1 μm 以下であり(170℃、8時間で1 μm のデータもある)、脆化は問題にならない。むしろ、速い合金層成長速度を望んでいる。他方、Sn-40PbはんだのCuに対する成長速度として170℃、6時間で1 μm のデータがある(単純に固相状態と仮定して、変換すると230℃、1時間で1 μm 成長することになる)。

【0019】

また、Snの替わりSn系のはんだ(例えばSn-3Ag、Sn-3Ag-0.5Cu、Sn-0.5Cu)でも良い。Snより融点の低い分、高温での合金層成長が速く成長する傾向がある。

【0020】

なお、ここではダイボンドにAu-20Sn接合を用いたが、この接合は面積の広いものほど有利に展開できると思われる。接合部の間隙は高融点のボール径で決まるので、任意に制御できる。ダイボンドはSiチップのこすりペレット接合も使われており、はんだ厚さは10 μ mと薄いものもある。はんだはAu-20Snのように変形し難い材料を使ってきた実績から硬い材料系でも実用上での支障はないものと思われるが、後工程のリフロー時にダイボンド部が外れなければ問題はないと思われる。Siチップ(裏面のメタライズとしてCr-Cu-Au、Niめっきもある)とCuボール間、Cuボールとリードフレームのタブ上のNi-Auめっき間の合金はCu、Niのいずれもあり得る。エージング時及びはんだ付け時の合金層成長が少ないことから、強度的な問題はない。

【0021】

(実施例3)

接続部分によっては、後工程のリフロー時に耐えられれば良く、応力は小さいと考えられる。そこで、金属ボールの替わり、接続端子の片面もしくは両面を荒らして、CuもしくはNi等の突起を形成することにより、アンカー的効果も入れて、更にエージングによる化合物形成による結合が期待できる。はんだはデイスパンスで片方の端子上に塗布し、上から抵抗加熱体で突起部を食い込ませながらはんだを溶融させ、更にエージングすることで、突起部のアンカー効果と接触部の化合物形成により、リフロー時に応力的に耐えるだけの強度を有することができる。図3(a)は基板19のCuパッド18上に表面をエッチング20で荒らし、その上にSn系のはんだ2ペーストを塗布する。チップ17等の裏面のにも同様にCuめっき等を施し、表面をエッチング20で荒らした。図3(b)は加熱加圧で仮固着した状態で、リフロー、更にエージングすることで接触部は化合物が形成され強くなる。このため、外部接続端子を基板の端子上に接続する後工程のリフローでは、この部分が剥離することはない。

【0022】

(実施例4.)

エージングで濃度を増し、低温から高融点側に化合物が3段階くらいの変化があるAu-Sn接合は、比較的低い温度で、温度変化が少ない範囲で各種の化合物が形成される。Sn-Au接合で、良く知られている組成はSn-80Au(280℃共晶)であるが、280℃の共晶温度を保持するSnの組成域は約10から37%の範囲である。Snが多くなると脆くなる傾向はある。Auが少ない系で実現できそうな組成領域として、Snは55から70%までと考える。この組成範囲では252℃の相が現れるが(Hansen; Constitution of Binary Alloys, McGRAW-HILL 1958)、前工程で接続した個所が後工程の接続で252℃に達する可能性は低いと考えられるので、この組成域でも目的は達成できるものとする。化合物としてはAuSn₂からAuSn₄が形成される範囲である。ダイボンドもしくはキャップの封止部に適用することが可能である。図4はSiチップ25裏面に予めNi(2μm)-Auめっき(1μm)を施し、例えばリードフレーム19上のタブにはNi(2μm)-22-Snめっき(2~3μm)23を施した断面モデルである。窒素雰囲気中で加熱、加圧のダイボンド、更にはエージングにより、Snの一部はNi-Snの合金層に消費され、残りはAu-Snの合金層を形成することになる。Snが多いとSnとAuSn₄の低い共晶点(217℃)が形成されるので、これを形成しないようにSn量を制御する必要がある。複雑な合金層が形成されるが、300℃以上で熱処理し、AuSn₂よりSnが少ない化合物を作るようにすれば、252℃以上の融点を確保するので、後工程のリフロープロセスでは問題ないと考えられる。

【0023】

以上説明したように、低温で付けてもエージングにより拡散で融点を向上させる方式を用いることで、温度階層接続における高温側の高信頼な接続を実現することができた。

【0024】

なお、これまで説明してきた金属ボールは、単体金属(例えば、Cu、Ag、Au、Al、Ni)、合金(例えば、Cu合金、Cu-Sn合金、Ni-Sn合金)、化合物(例えば、Cu₆Sn₅化合物)もしくはこれらの混合物を含むボールのいずれかであれば良い。すなわち、溶融するSnとの間で化合物を生成して金属ボール間の接続を確保

できるものであればよい。従って、一種類の金属ボールに限らず、二種類以上の金属ボールが混合されていてもよい。これらをAuめっき、もしくはNi-Auめっき、もしくはSnの単体金属めっき、もしくはSnを含む合金めっきを用いて処理したものであってもよい。また、樹脂ボールの表面をNi/Au、Ni/Sn、Ni/Cu/Sn、Cu/Ni、Cu/Ni/Auのいずれかのめっきを施したものであっても良い。樹脂ボールを混ぜることで応力緩和作用が期待できる。

【 0 0 2 5 】

また、はんだボールはSnに限らず、Sn-Cu共晶系はんだボール、Sn-Ag共晶系はんだボール、Sn-Ag-Cu共晶系はんだボールもしくはこれらにIn,Zn,Bi等のいずれか一つ以上を添加したはんだボールであっても良い。これらの場合もSnが大部分を占める組成となるので、所望の化合物を生成することができる。二種類以上のはんだボールが混合していても良い。

【 0 0 2 6 】

【発明の効果】

本発明によれば、温度階層接続における高温側の半田接続を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

接続用ペーストの材料、構成を示す断面モデル図。

【図 2】

適用例の断面モデルとペースト供給法と接合状態のモデル図

【図 3】

表面エッチングパターンに適用した場合の断面図

【図 4】

合金化しやすいめっきに適用した場合の接合前の断面図

【符号の説明】

- | | |
|----------|------------|
| 1. Cuボール | 1 5. 抵抗加熱体 |
| 2. Snボール | 1 7. チップ |
| 3. 溶融Sn | 1 8. Cuパッド |

4. フラックス

5. Snめっき

6. 基板

7. Au-20Snはんだ

8. ワイヤボンド

9. キャップ

10. 接合部

11. 外部接続端子

12. 印刷パターン

13. 素子

19. 基板

20. エッチング

21. 溶融はんだ

22. Niめっき

23. Snめっき

24. Ni-Snめっき

25. Siチップ

【書類名】 図面

【図 1】

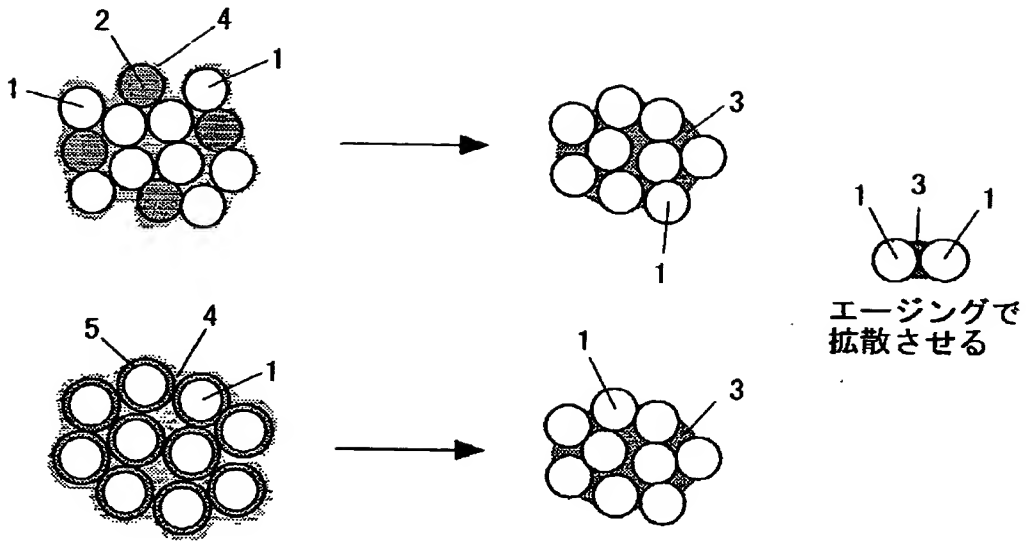


図 1

【図2】

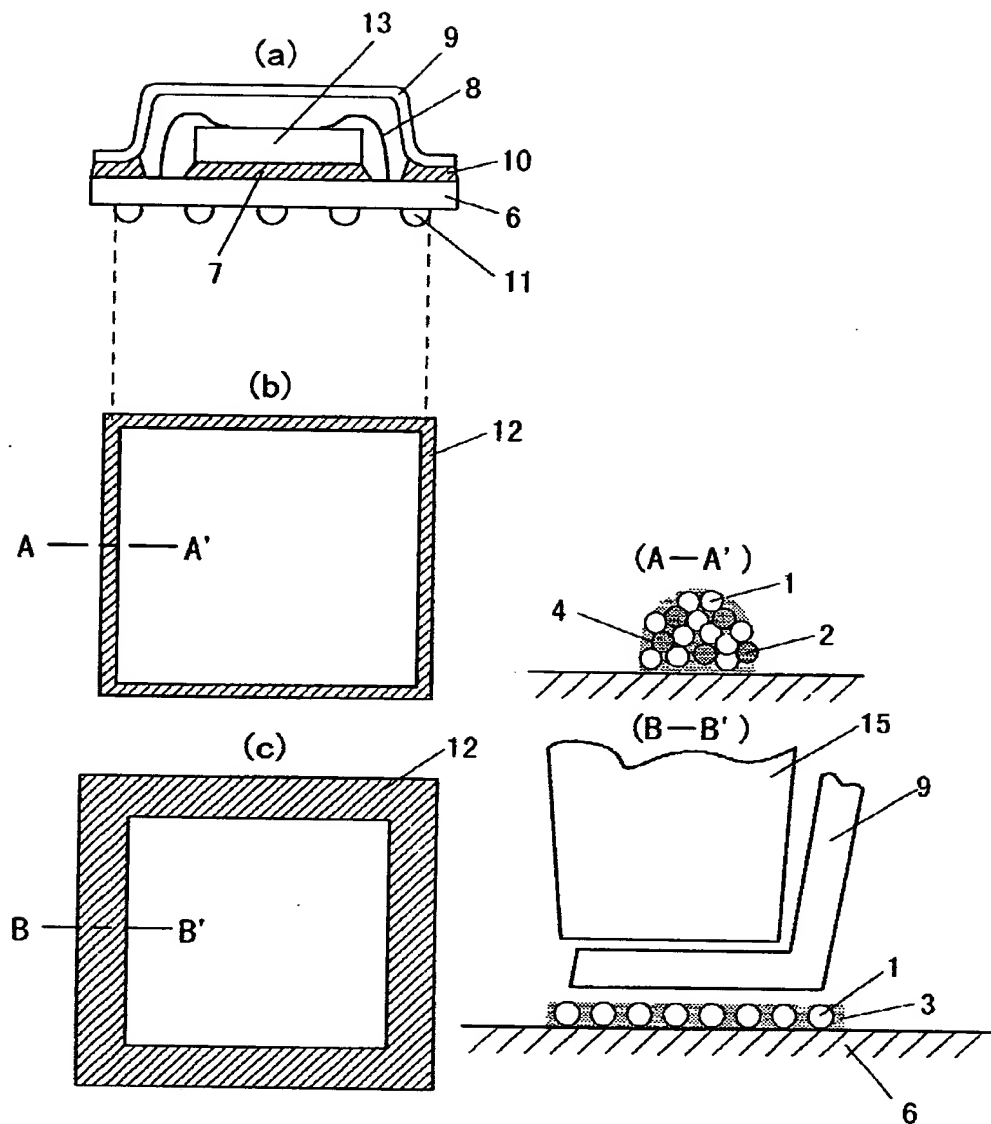


図2

【図3】

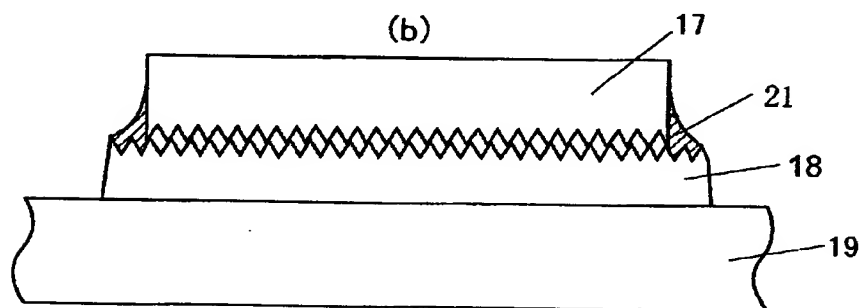
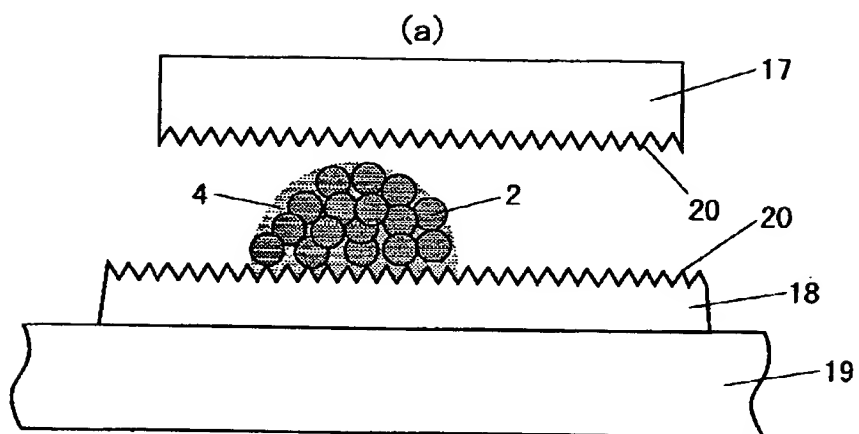


図3

【図4】

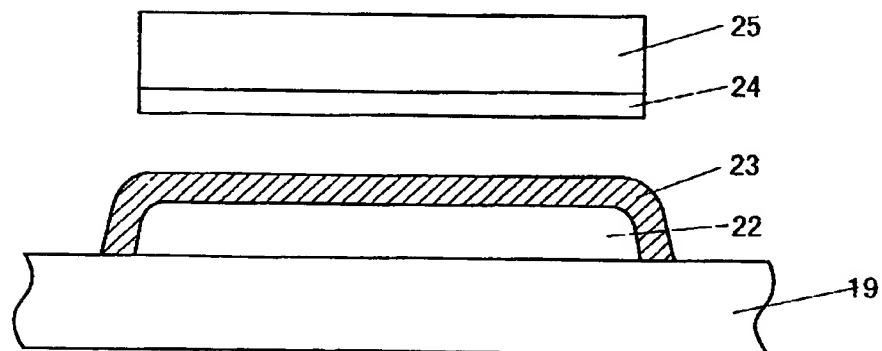


図4

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

本発明の目的は、全く新規な半田接続による電子機器を提供することにある。
特に温度階層接続における高温側の半田接続を実現することにある。

【課題手段】

本発明は、上記目的を達成するために、電子機器の有する接続構造が、単体金属、合金、化合物もしくはこれらの混合物を含むボールのいずれか一種類以上の第一のボールと、Snはんだボール、Sn-Cu共晶系はんだボール、Sn-Ag共晶系はんだボール、Sn-Ag-Cu共晶系はんだボールもしくはこれらにIn,Zn,Bi等のいずれか一つ以上を添加したはんだボールのいずれか一種類以上の第二のボールとを混合してなるペーストを用いて接続されたものである。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005108]

1. 変更年月日 1990年 8月31日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地
氏 名 株式会社日立製作所